

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS


IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

SOLID-STATE IMAGING DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

Patent number: JP2002064193
Publication date: 2002-02-28
Inventor: TANIGAWA KOICHI
Applicant: SONY CORP
Classification:
 - **International:** H01L27/14; G02B3/00; H04N5/335
 - **European:**
Application number: JP20000251241 20000822
Priority number(s):

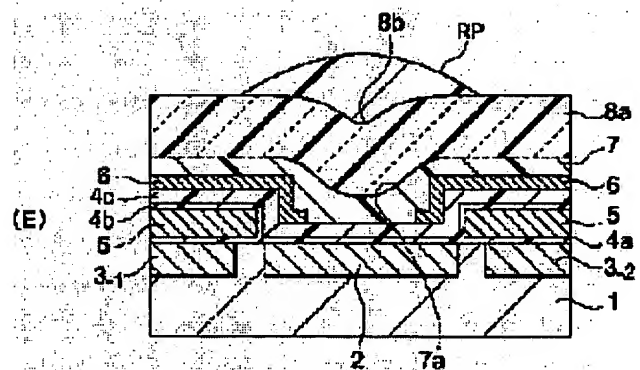
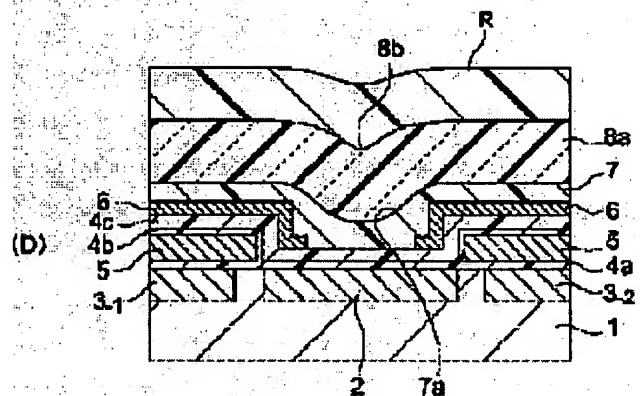
Also published as:

 US2002048840 (A1)

Abstract of JP2002064193

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent falling in sensitivity of a smear characteristics and for diagonal light while the curvature of a convex lens is decreased for preventing irregularity in sensitivity.

SOLUTION: After a light receiving part 2 for a pixel is formed in a surface region in a substrate 1, an inter-layer insulating film 7 comprising a dimple 7a is formed at a surface part above the light receiving part 2. A light-transmission film 8a comprising, on its surface, a recess 8b which reflects the shape of the dimple 7a is formed on the inter-layer insulating film 7. A mask layer RP whose surface is convex is formed at such position as covers the recess 8b on the light-transmission film 8a. The mask layer RP and the light-transmission film 8a are collectively etched so that the light-transmission film 8a is worked into a convex lens shape whose upper surface is curved like a convex lens.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-64193
(P2002-64193A)

(43)公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	チーエーエー(参考)
H 0 1 L 27/14		G 0 2 B 3/00	A 4 M 1 1 8
G 0 2 B 3/00		H 0 4 N 5/335	U 5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/335		H 0 1 L 27/14	D

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 10 頁)

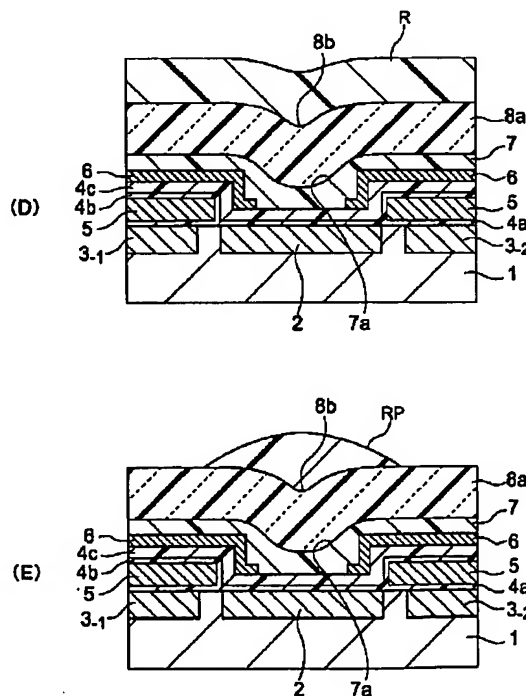
(21)出願番号	特願2000-251241(P2000-251241)	(71)出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22)出願日	平成12年8月22日(2000.8.22)	(72)発明者	谷川 公一 鹿児島県国分市野口北5番1号 ソニー国分株式会社内
		(74)代理人	100094053 弁理士 佐藤 隆久
		Fターム(参考)	4M118 AA01 AA08 AB01 BA10 CA03 CA40 CB14 DB08 EA01 FA06 FA26 GB11 GC08 GD09 GC17 GD04 GD07 5C024 CX13 CX41 CY47 EX43 GY01 JX25

(54)【発明の名称】 固体撮像装置および製造方法

(57) 【要約】

【課題】凸状レンズの曲率を小さくし感度の不均一化を防止しながら、スミア特性および斜め光に関する感度低下を防止する。

【解決手段】基板 1 内の表面領域に画素の受光部 2 を形成した後、受光部 2 の上方の表面部分に窪み 7 a を有する層間絶縁膜 7 を形成し、窪み 7 a の形状を反映した凹部 8 b を表面に有する光透過膜 8 a を層間絶縁膜 7 上に形成し、表面が凸状曲面のマスク層 R P を光透過膜 8 a 上の凹部 8 b を覆う位置に形成し、マスク層 R P および光透過膜 8 a を一括してエッチングし、上面に凸状のレンズ曲面を有する凸状レンズの形状に光透過膜 8 a を加工する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板内の表面領域に画素の受光部を形成し、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ上面に凸状のレンズ曲面を有する凸状レンズを形成し、上記凸状レンズの上方にオンチップレンズを形成する固体撮像装置の製造方法であって、
 上記受光部の形成後、上記受光部の上方の表面部分に窪みを有する層間絶縁膜を形成し、
 上記窪みの形状を反映した凹部を表面に有する光透過膜を、上記層間絶縁膜上に形成し、
 表面が凸状曲面のマスク層を、上記光透過膜上の上記凹部を覆う位置に形成し、
 上記マスク層および上記光透過膜を一括してエッチングし、上記光透過膜を上記凸状レンズの形状に加工する固体撮像装置の製造方法。

【請求項2】上記受光部の形成後、上記受光部の一方両側の上方位置に、上記受光部で生成した電荷の転送電極を上記基板と絶縁した状態で形成し、
 上記転送電極の段差を覆い上記受光部上方で開口する遮光膜を、上記転送電極と絶縁した状態で形成し、
 つぎに上記遮光膜およびその開口部を覆って上記層間絶縁膜を形成したときに、上記転送電極の段差および上記遮光膜の段差の形状を反映して上記窪みが上記層間絶縁膜の表面に形成される請求項1記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項3】上記層間絶縁膜の形成後、熱処理により上記層間絶縁膜を軟化して、上記窪みの深さを調整する請求項1記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項4】上記マスク層としてレジストパターンを上記光透過膜上に形成し、
 上記レジストパターンを熱処理により軟化して、上記レジストパターンの表面の曲率を調整する請求項1記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項5】上記エッチングでは、上記マスク層と上記光透過膜とのエッチング選択比がほぼ1の条件を用いる請求項1記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項6】基板内の表面領域に形成された画素の受光部と、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ上面に凸状のレンズ曲面を有する凸状レンズと、上記凸状レンズの上方に形成されたオンチップレンズとを有した固体撮像装置であって、
 上記凸状レンズは、下層の層間絶縁膜の表面に形成された窪み上に、上記窪みを埋める光透過材料からなるレンズ下部と、上記凸状のレンズ曲面を有し上記レンズ下部と同一の光透過材料からなるレンズ上部とが一体となって形成されている固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、受光部とオンチップレンズとの間の層間絶縁膜内に埋め込まれ、上面に凸

状のレンズ曲面を有する凸状レンズを有する固体撮像装置と、その製造方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、CCD固体撮像素子は、チップサイズの小型化および多画素化が非常に強く望まれている。

【0003】しかし、現状の画素サイズのままチップを小型化したのでは、画素数が減少し、その結果として解像度が低下する。また、現状の画素サイズのまま多画素化したのでは、チップサイズが大きくなり、生産コストの増大あるいはチップ歩留りの低下を招く。したがって、チップサイズの小型化または多画素化を実現するには、画素サイズを現状より縮小することが必須となる。これが出来れば、解像度を維持したまま小型のCCD撮像素子が提供でき、あるいは、逆に素子サイズを維持したまま解像度を上げることができる。

【0004】ところが、画素サイズを縮小した場合、単位画素に入射する光量は減少し、各画素の受光部の感度特性が低下するという不具合が生じてしまう。光電変換の効率を向上させることにより感度特性を維持することも可能であるが、その場合、ノイズ成分も増幅してしまうため、CCD撮像素子から出力される映像信号のS/N比が低下する。つまり、画素サイズを縮小したときの感度特性の維持を光電変換の効率向上のみで達成すべきではなく、S/N比の低下を防ぐために各画素の集光効率を出来るだけ向上させることが必要となってくる。

【0005】この観点から、受光部上方に設けたカラーフィルタ上にオンチップレンズ(On Chip Lens)を設け受光部への集光効率を高める工夫がされている。しかし、たとえば $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ 以下の画素サイズを有するCCD撮像素子では、オンチップレンズ単独で集光効率を高めることは、ほぼ限界に近づいている。そこで、この限界を打開する新たな技術として、オンチップレンズと受光部との間の層内に光透過材料の膜からなる、もう一つの凸レンズを形成することで集光効率をさらに向上させることが提案された(たとえば、特開平11-40787号公報)。

【0006】この公報に開示された凸レンズの形成方法(従来技術1)を、図6(A)～図7(F)を用いて説明する。まず、図6(A)に示すように、シリコン基板1に、従来と同様な方法によって、受光部2、電荷転送部3₋₁、3₋₂、受光部2と電荷転送部3₋₁との間に図示を省略した読み出しゲート部、および、受光部2と電荷転送部3₋₂との間に図示を省略したチャネルストッパを形成する。また、電荷転送部3₋₁、3₋₂上の絶縁膜4に埋め込んで転送電極5を形成し、絶縁膜4上に、高融点金属の膜からなり受光部2の上方で開口する遮光膜6を形成する。

【0007】遮光膜6およびその開口部にBPSG膜20を形成し、BPSG膜20をリフロー処理して、図

6 (B) に示すように平坦化する。図6 (C) に示すように、平坦化したBPSG膜20上に、プラズマCVD法により生成する窒化シリコン (P-SiN) または酸化シリコン (P-SiO₂) などからなる光透過膜21aを形成する。

【0008】この光透過膜21a上にレジストを塗布し、レジストを受光部2を中心とした領域が残るようにパターンニングした後、リフロー処理する。これにより、図7 (D) に示すように、レジストが熱軟化することにより表面が所定の曲率の曲面となった凸状レンズ形状のレジストパターンRPが形成される。続いて、レジストと光透過膜の材料との選択比がほぼ1となる条件でエッチングを行う。これにより、レジストがエッチオフされたときの光透過膜、すなわち凸状レンズ21の形状は、図7 (E) に示すように、レジストパターンRPの形状をよく反映したものとなる。

【0009】その後、この所定の曲率の表面を有する凸状レンズ21を埋め込むように、平坦化膜9を形成して表面を平坦化した後、既知の方法を用いて、オンチップカラーフィルタ (OCCF) 10と、オンチップレンズ (OCL) 11とを形成する。

【0010】この従来技術1における凸状レンズ形成工程の変更例として、以下のような方法 (従来技術2) がある。図8 (A) ~図9 (F) は、この従来技術2を示す断面図である。図8 (A) に示すように、前記した従来技術1と同様な方法によって、受光部2、電荷転送部3₁、3₂等を形成し、その上に絶縁膜4、転送電極5および遮光膜6を形成する。遮光膜6およびその開口部上にPSG膜またはBPSG膜22を形成し、PSG膜またはBPSG膜22をリフロー処理する。ただし、この従来技術2では、完全に平坦化しないで、受光部2の上方に凹部22aを形成させる。

【0011】図8 (B) に示すように、PSG膜またはBPSG膜22上に、P-SiNまたはP-SiO₂ などからなる光透過膜23aを形成する。光透過膜23a上にレジストRを塗布し平坦化する。

【0012】レジストRと光透過膜23aの材料との選択比がほぼ1となる条件でエッチングを行う。これにより、図8 (C) に示すように、表面が平坦化された光透過膜23bが形成される。

【0013】図9 (D) に示すように、平坦化面上にさらに光透過膜23cを形成する。続いて、光透過膜23c上にレジストを塗布し、レジストを受光部2を中心とした領域が残るようにパターンニングした後、リフロー処理する。これにより、表面が所定の曲率の曲面となった凸状レンズ形状のレジストパターンRPが形成される。再度、レジストと光透過膜の材料との選択比がほぼ1となる条件でエッチングを行う。これにより、レジストがエッチオフされたときの光透過膜、すなわち凸状レンズ23の表面形状は、図9 (E) に示すように、レジ

ストパターンRPの形状をよく反映したものとなる。

【0014】その後、図9 (F) に示すように、従来技術1と同様な方法によって、平坦化膜9を形成した後、OCCF10とOCL11を形成する。

【0015】これらの従来技術1および従来技術2に示す方法により製造されたCCD撮像素子においては、図10に示すように、OCL11によりある程度集光された入射光 (受光面に対し垂直な入射光L0および斜めの入射光L1) は、OCL11の下方のもう一つの凸状レンズ21 (または23) により更に集光され、受光部2に達する。したがって、凸状レンズ21 (または23) がない場合に比べ、入射光の集光効率が向上する。とくに、図10において破線で示す斜めの入射光L1は、凸状レンズ21 (または23) がない場合に集光率が低かったが、凸状レンズ21 (または23) を設けることにより集光率が格段に向上するため、各画素の感度が向上する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】このOCL11の下方に凸状レンズ21、23を形成する従来技術1および従来技術2の方法では、凸状レンズ21、23表面 (レンズ面) の曲率が、その加工時のマスクとして用いるレジストの表面の曲率に依存する。つまり、レンズ面の曲率を大きくしたい場合はレジスト表面の曲率も大きくし、レンズ面の曲率を小さくしたい場合はレジスト表面の曲率も小さくする。したがって、所望の曲率のレンズ面とするためには、レジスト厚を最適化する必要がある。

【0017】ところが、従来技術1および従来技術2の凸状レンズ形成方法では、画素サイズの縮小に合わせてレジスト厚を薄していくと、レジストの塗布ムラが発生しやすいという課題がある。レジストの塗布ムラが生じると、凸状レンズの厚みおよびレンズ面の曲率が同一チップ内、あるいは、同一ウエハ内で異なることになる。このため、感度の不均一、すなわち画素ごとの出力信号のレベルが異なる現象が起こる。

【0018】この現象の発生を回避するために、従来、凸状レンズを加工する際のレジスト厚を塗布ムラが生じない程度に厚くして対処しなければならない。しかし、これは画素サイズが小さい場合に凸状レンズの形状が最適値からずれることを意味する。すなわち、図11に示すように、画素サイズに対して凸状レンズ21のレンズ面の曲率が大きすぎてしまう。レンズ面の曲率が大きすぎると、図11に示すように光の焦点が受光面より上方に位置し、受光面での光が拡がってしまう。それでも、図11中に実線で示す垂直光L0の場合は受光量の低下は割合少なく済む。

【0019】ところが、当該CCD撮像素子を搭載したカメラの撮像レンズの絞りを開いた絞り開放側 (F値が小さい側) でOCL11に対し斜めに入射する光L1の割合が増大すると、図11中に破線で示すように、凸状

レンズを通過した光のうち受光面から外れて遮光膜6に遮蔽される光の割合が急激に増大し、このため画素感度が大きく低下するようになる。また、遮光膜6の開ロ部6aから斜めに入った光が、遮光膜6の下側における各種膜の界面間で乱反射し、垂直転送部3₋₁に入って電荷を発生させる。この電荷は、垂直転送部3₋₁を転送される信号電荷にとってノイズ成分となり、しかも転送の度に累積されることから、画面に白い縦線(スミア)となって現れる。すなわち、従来の凸状レンズの形成方法では、画素サイズを縮小した場合に感度が低下し、スミアが発生しやすいという問題があった。

【0020】かといって、画素サイズが小さいにもかかわらず凸状レンズの曲率を小さくすると、レジスト厚のばらつきに起因した凸状レンズ形状のバラツキにより画素感度が素子内であるいは素子間でばらつき、画面内での感度均一性が悪化するという問題が生じてしまう。

【0021】このため、従来のCCD撮像素子では、凸状レンズの形成に用いるレジスト厚をある程度厚くし、スミア特性と斜め光に対する感度低下をある程度犠牲にすることで、感度不均一性を防止しているのが現状である。そこで、このような現状を抱える問題点を解決する技術、すなわち、OCL下方の凸状レンズの曲率を小さくし感度の不均一化を防止しながら、スミア特性および斜め光に関する感度低下を防止できる技術が強く望まれていた。

【0022】本発明の目的は、凸状レンズの曲率を小さくし感度の不均一化を防止しながら、スミア特性および斜め光に関する感度低下を防止した固体撮像装置およびその製造方法を提供することにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明に係る固体撮像装置の製造方法は、基板内の表面領域に画素の受光部を形成し、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ上面に凸状のレンズ曲面を有する凸状レンズを形成し、上記凸状レンズの上方にオンチップレンズを形成する固体撮像装置の製造方法であって、上記受光部の形成後、上記受光部の上方の表面部分に窪みを有する層間絶縁膜を形成し、上記窪みの形状を反映した凹部を表面に有する光透過膜を、上記層間絶縁膜上に形成し、表面が凸状曲面のマスク層を、上記光透過膜上の上記凹部を覆う位置に形成し、上記マスク層および上記光透過膜を一括してエッチングし、上記光透過膜を上記凸状レンズの形状に加工する。

【0024】好適に、上記受光部の形成後、上記受光部の一方向両側の上方位置に、上記受光部で生成した電荷の転送電極を上記基板と絶縁した状態で形成し、上記転送電極の段差を覆い上記受光部上方で開口する遮光膜を、上記転送電極と絶縁した状態で形成し、つぎに上記遮光膜およびその開口部を覆って上記層間絶縁膜を形成したときに、上記転送電極の段差および上記遮光膜の段

差の形状を反映して上記窪みが上記層間絶縁膜の表面に形成される。上記層間絶縁膜の形成後、熱処理により上記層間絶縁膜を軟化して、上記窪みの深さを調整してもよい。好適に、上記マスク層としてレジストパターンを上記光透過膜上に形成し、上記レジストパターンを熱処理により軟化して、上記レジストパターンの表面の曲率を調整する。上記エッチングでは、好適に、上記マスク層と上記光透過膜とのエッチング選択比がほぼ1の条件を用いる。

【0025】このような本発明に係る固体撮像装置の製造方法では、層間絶縁膜の窪み、および、その窪み形状が反映して出来た光透過膜の凹部の存在により、光透過膜上にレジストパターンを形成する際に塗布するレジストの厚さを、平坦な下地にレジストを塗布していた従来技術1および従来技術2の場合より厚くできる。このため、本発明では、レジスト厚を厚くしても、レジストの軟化処理の際に余分なレジストが凹部を埋めるのに用いられるためレジストパターンの表面の曲率が従来技術の場合より小さくなる。したがって、レジストの塗布ムラが出ない限界の厚さで比較すると、本発明に係る製造方法により製造した固体撮像装置の凸状レンズの曲率が、従来技術に係る製造方法により製造した場合より小さくなる。また、従来技術2に係る製造方法では2回に分けて凸状レンズを形成していたが、本発明では単一の光透過膜の一回の加工で凸状レンズが形成される。

【0026】本発明に係る固体撮像装置は、基板内の表面領域に形成された画素の受光部と、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ上面に凸状のレンズ曲面を有する凸状レンズと、上記凸状レンズの上方に形成されたオンチップレンズとを有した固体撮像装置であって、上記凸状レンズは、下層の層間絶縁膜の表面に形成された窪み上に、上記窪みを埋める光透過材料からなるレンズ下部と、上記凸状のレンズ曲面を有し上記レンズ下部と同一の光透過材料からなるレンズ上部とが一体となって形成されている。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態に係るCCD固体撮像装置(CCDイメージャ)の撮像部は、特に図示しないが、一方向(垂直転送方向)に沿って長い垂直転送部が、多数平行ストライプ状に形成され、その各離間スペース内に1列分の画素の受光部が、垂直転送部と平行に列をなして配置されている。受光部列と、その一方側の垂直転送部との間には、各画素ごとに読み出しゲート部が設けられている。また、受光部列と、その他方側の他の垂直転送部との間には、各受光部で発生した信号電荷の当該他の垂直転送部への漏洩を防止するチャネルストップが設けられている。

【0028】図3(G)は、本発明の実施形態に係るCCDイメージャにおいて、その信号電荷の垂直転送方向と直交する方向に沿った撮像部のほぼ一画素分の断面図

である。

【0029】図3 (G) において符号1は、シリコン基板またはシリコン基板に形成されたp型ウエルなど（以下、基板という）を示す。基板1内の表面領域に、たとえばn型不純物領域などからなり基板1との間のpn接合を中心とした領域で光電変換を行って信号電荷を発生させ、信号電荷を一定時間蓄積する受光部2が形成されている。受光部2の一方側と他方側に、それぞれ所定距離をおいて、主にn型不純物領域からなる垂直転送部3₋₁、3₋₂が形成されている。なお、図示を省略したが、受光部2と一方の垂直転送部3₋₁との間に、読み出しゲート部の可変ポテンシャル障壁を形成するp型不純物領域が形成され、受光部2と他方の垂直転送部3₋₂との間に、チャネルストッパとしての高濃度p型不純物領域が基板深部にまで形成されている。なお、垂直転送部3₋₂の図3 (G) の更に右側には、読み出しゲート部、受光部およびチャネルストッパがこの順で設けられ、これが繰り返されて画素ラインが構成されている。

【0030】基板1上には、酸化シリコンなどの絶縁膜4aが形成され、垂直転送部3₋₁、3₋₂の上方の絶縁膜4a上位置に、ポリシリコンなどからなる転送電極5が形成されている。受光部2での光電変換により得られた信号電荷は、読み出しゲート部を介して垂直転送部3₋₁に読み出され、転送電極5を4相等の垂直転送クロック信号により駆動することにより垂直転送部3₋₁内を一方に順次転送される。その後、ラインごとの信号電荷として図示しない水平転送部に掃き出された信号電荷が、水平転送部内を、たとえば2相の水平クロック信号により転送された後、撮像信号として外部に出力される。

【0031】垂直転送部3₋₁、3₋₂および受光部2上には、2層の第1層間絶縁膜4b、4cが形成されている。また、第1層間絶縁膜4c上に、たとえばタングステン(W)などの高融点金属からなる遮光膜6が形成されている。遮光膜6は、受光部2の上方で開口した開口部6aを有する。開口部6aの周縁は、垂直転送部3₋₁、3₋₂の端部により形成された第1層間絶縁膜4b、4cの段差より若干内側に位置する。これは、遮光膜6の垂直転送部3₋₁、3₋₂に対する遮光性を高め、スミアを抑えるためである。

【0032】遮光膜6上および開口部6a内の第1層間絶縁膜4c上を覆って、たとえばPSG(Phosphosilicate glass) またはBPSG(Borophosphosilicate glass) などからなる第2層間絶縁膜7が形成されている。第2層間絶縁膜7の表面に、上記第1層間絶縁膜の段差の形状を反映して窪み7aが形成されている。第2層間絶縁膜7上には、その窪み7aを中心とした受光部2の上方領域に所定の曲率のレンズ面を有する凸状レンズ8が形成されている。凸状レンズ8は、少なくとも1~2μm程度では光透過率が十分高い材料、たとえばP-SiNまたはP-SiO₂ などからなる。

【0033】表面を平坦化された第3層間絶縁膜（以下、平坦化膜という）9が、凸状レンズ8上を覆って形成されている。平坦化膜9の表面上に、オンチップカラーフィルタ(OCCF)10が配置されている。OCCF10は、原色系のカラーコーディング方式では赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに着色され、補色系では、たとえばイエロー(Ye)、シアン(Cy)、マゼンダ(Mg)、緑(G)などの何れかに着色されている。OCCF10上に、ネガ型感光樹脂などの光透過材料からなるオンチップレンズ(OCCL)11が配置されている。OCCL11のレンズ面（凸状曲面）で受けた光が集光され、前記した凸状レンズ8で更に集光されて、受光部2に入射される。OCCL11は無効領域となる隙間を出来るだけ少なくするようにCCDイメージャ表面に形成され、遮光膜上方の光も有効利用して受光部2に入射させるため、画素の感度が向上する。

【0034】つぎに、図1 (A) ~ 図3 (G) の断面図に沿って、このCCDイメージャの製造方法を説明する。図1 (A) では、既知の方法にしたがって、シリコン基板内の各種不純物領域の形成を行う。すなわち、まず、用意したシリコン基板内の表面領域に、必要に応じてp型不純物領域をイオン注入してpウエル等を形成した後、p型不純物領域を高濃度にイオン注入して、チャネルストッパを形成する。また、チャネルストッパの一方側にn型不純物を所定条件でイオン注入して受光部2を形成し、チャネルストッパの他方にn型不純物を所定条件でイオン注入して垂直転送部3₋₁、3₋₂を形成し、垂直転送部3₋₁または3₋₂と受光部2との間にn型不純物を所定条件でイオン注入して読み出しゲート部を形成する。続いて、各種不純物領域を形成した基板1の表面に、酸化シリコン膜などを熱酸化またはCVDして絶縁膜4aを形成する。絶縁膜4a上に不純物が添加されて導電率を高めたポリシリコンをCVDし、ポリシリコンをパターンニングして転送電極5を形成する。形成した伝送電極5および受光部2の上方を覆って、たとえば酸化シリコン、窒化シリコンなどの2層の第1層間絶縁膜4b、4cを形成する。また、第1層間絶縁膜4c上にWなどの高融点金属膜をCVDし、高融点金属膜を受光部2の上方で開口するようにパターンニングして遮光膜6を形成する。

【0035】遮光膜6およびその開口部6a上にPSG膜またはBPSG膜7を形成する。PSG膜またはBPSG膜7は元々段差被膜性が強いので、第1層間絶縁膜4cおよび遮光膜6の段差による受光部2上方の凹部を成膜時に多少埋め込むように形成され、その結果、図1 (B) に示すように、受光部2の上方でPSG膜またはBPSG膜7自身の表面に窪み7aが形成される。なお、窪み7aが大きすぎる場合には、PSG膜またはBPSG膜7の成膜後にリフロー処理を行い窪み7aを所定の大きさまで小さくしてもよい。

【0036】図1 (C) に示すように、形成したPSG膜またはBPSG膜7上に、プラズマCVD法により窒化シリコン (P-SiN) または酸化シリコン (P-SiO₂) などからなる光透過膜8aを1~2 μ mほど形成する。このとき光透過膜8aの表面に、PSG膜またはBPSG膜7の窪み7aの形状を反映して、所定の大きさの凹部8bが形成される。

【0037】つぎに、この光透過膜8a上にレジストRを約1 μ mほど塗布し (図2 (D))、レジストRを受光部を中心とした領域が残るようにパターンニングした後、たとえば140~180℃の条件でリフロー処理する。これにより、図2 (E) に示すように、レジストが熱軟化し、その表面が所定の曲率の曲面となった凸状レンズ形状のレジストパターンRPが形成される。

【0038】続いて、レジストパターンRPと光透過膜8aの材料との選択比がほぼ1となる条件でエッチングを行う。このエッチング時にレジストパターンRPが周囲から後退するが、その後退速度はレジストが厚い中央部に近づくほど徐々に低下する。したがって、その下地の光透過膜8aのエッチング終了時の形状は、図3

(F) に示すように、元のレジストパターンRPの表面形状を良く反映したものとなる。このエッチングにより光透過膜8aが加工され、レジストパターンRPとはほぼ同じ程度の曲率を有する表面形状の凸状レンズ8が、受光部2の上方とその周囲の遮光膜6の一部を覆うように形成される。

【0039】図3 (G) に示すように、凸状レンズ8を含む光透過膜8aの全面を覆って平坦化膜9を形成することにより、表面を平坦化する。平坦化膜9上に、たとえば染色法によりOCCF10を形成する。染色法では、カゼインなどの高分子に感光剤を添加して塗布し、露光、現像、染色および定着を色ごとに繰り返す。その他、いわゆる分散法、印刷法または電着法などを用いてOCCF10を形成してもよい。最後に、たとえば前記した凸状レンズ8と同様にラウンディングしたレジストパターンをマスクとしたエッチングにより、ネガ型感光性樹脂などの光透過性樹脂を加工してOCL11を形成する。

【0040】このようなCCDイメージの形成方法では、レジストRの厚さが1 μ m程度と余り薄くなくても曲率が小さい凸状レンズ8が形成できる。以下、この効果を図4を用いて説明する。図4 (A-1) は、曲率の大きなレジストパターンRP1の形成時、図4 (A-2) はレジストパターンRP1を用いたエッチングにより出来た凸状レンズ8₁を示す。また、図4 (B-1) は、曲率の小さなレジストパターンRP2の形成時、図4 (B-2) はレジストパターンRP2を用いたエッチングにより出来た凸状レンズ8₂を示す。これらの図4 (A-1) ~図4 (B-2) に示す従来技術では、凸状レンズを形成する下地が平坦面であることから、曲率の

大きな凸状レンズ8₁を形成する場合は膜厚が t_1 と比較的厚いレジストR1を用いることができるが、曲率が小さな凸状レンズ8₂を形成しようとする、レジストR2の厚さが t_2 と極端に薄くする必要があった。

【0041】これに対し、図4 (C-1) および図4 (C-2) には、本実施形態のようにレジスト形成時の下地に凹部を有する場合を示す。図4 (B-2) の凸状レンズ8₂と同じ大きさと曲率を有する曲面の凸状レンズ8₃を形成する場合、下地に凹部8bを有すると、レジスト厚は t_3 と図4 (B-1) のレジスト厚 t_2 よりかなり厚くすることができる。レジストをラウンディングさせる加熱処理時に余分なレジストが中央部に集まっても下地が窪んでいるため表面の曲率は余り大きくならないためである。したがって、本実施形態では、レジストの塗布ムラを防止できる程度にレジストの塗布条件を選択しても、出来た凸状レンズの表面の曲率は比較的小さく抑えることができる。つまり、下地の第2層間絶縁膜7の窪み7a (図1 (B)) の大きさ、およびこれが反映した光透過膜8aの凹部8b (図1 (C)) の大きさを最適化することで、凸状レンズ8の曲率を最適化する際にレジストの塗布ムラが小さくできる。このため、凸状レンズ形状が同一素子内、あるいは同一ウエハ内でばらつくことがなく、CCD受光特性のバラツキを低減できる。

【0042】言い換えると、凸状レンズ形状のバラツキを許容範囲に抑えた条件下、感度特性を向上させたり、凸状レンズ形状の不適合によるスミア特性の向上を達成できる。図5 (A) ~ (C) に、感度特性、スミア特性および感度低下画素数それぞれについて、従来技術の場合を1としたときの本実施形態による改善効果を数値化して示す。この特性比較では、画素サイズが約3.5 μ m \times 3.5 μ mのCCDイメージを用いた。また、比較対象は、図9 (F) に示した従来技術2のCCDイメージを用いた。なお、従来技術2では、出来上りの凸状レンズが窪みに形成されることは本実施形態と同じであるが、2回の光透過膜の加工を経て形成され、レジストの形成面は図4 (B-1) と同様な平坦面となる。したがって、レジスト厚を比較的大きくしなければならず、結果として、凸状レンズの曲率も本実施形態の場合と比べると大きくならざるを得ない。

【0043】図5 (A) ~図5 (C) より、本実施形態では、従来に比べ、感度が平均して5%程度向上し、スミアが10%低減し、感度低下画素数においては約半分に減少していることが分かる。これらの特性改善は、光透過膜からなる凸状レンズ8の曲率を従来より小さくすることで、入射光の集光状態が改善されたことを示す。なお、本実施形態に係るCCDイメージの形成方法では、従来技術2のようにPSG膜またはBPSG膜7上の光透過膜8aを一旦平坦化する必要がないため、この平坦化工程が不要で、光透過膜の成膜が1回少なく済

む。このため、従来技術2よりも製造コストを低く抑制できる利点もある。

【0044】

【発明の効果】本発明に係る固体撮像装置および製造方法によれば、凸状レンズの曲率を小さくし感度の不均一化を防止しながら、スミア特性および斜め光に関する感度低下を防止できる。また、従来技術2に係る固体撮像装置の製造方法に比べ、工程が簡略化でき、製造コストを低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)～(C)は実施形態に係る固体撮像装置の製造において、光透過膜の成膜までを示す断面図である。

【図2】(D)および(E)は実施形態に係る固体撮像装置の製造において、レジストパターンR P 1の形成までを示す断面図である。

【図3】(F)および(G)は実施形態に係る固体撮像装置の製造において、O C Lを形成する最終工程までを示す断面図である。

【図4】(A-1)は従来技術における曲率の大きなレジストパターンR P 1の形成時を示す図であり、(A-2)は従来技術におけるレジストパターンR P 1を用いたエッチング後を示す図である。(B-1)は従来技術における曲率の小さなレジストパターンR P 2の形成時を示す図であり、(B-2)は従来技術におけるレジストパターンR P 2を用いたエッチング後を示す図である。(C-1)は実施形態における曲率の小さなレジストパターンR P 3の形成時を示す図であり、(C-2)は実施形態におけるレジストパターンR P 3を用いたエッチング後を示す図である。

【図5】(A)～(C)は、感度特性、スミア特性およ

び感度低下面素数それぞれについて、従来技術を用いた場合を1としたときの実施形態による改善効果を数値化して示す図である。

【図6】(A)～(C)は従来技術1に係る固体撮像装置の製造において、光透過膜の形成までを示す断面図である。

【図7】(D)～(F)は従来技術1に係る固体撮像装置の製造において、O C Lを形成する最終工程までを示す断面図である。

【図8】(A)～(C)は従来技術2に係る固体撮像装置の製造において、凸状レンズの下部の形成までを示す断面図である。

【図9】(D)～(F)は従来技術2に係る固体撮像装置の製造において、O C Lを形成する最終工程までを示す断面図である。

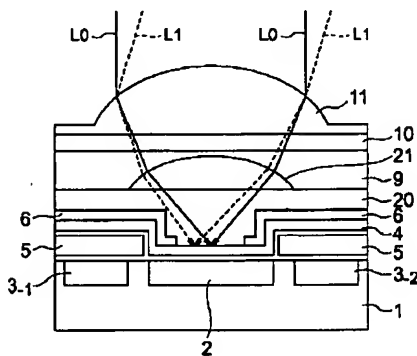
【図10】従来技術1により形成した固体撮像装置で画素サイズが比較的大きい場合の集光の様子を示す図である。

【図11】従来技術1により形成した固体撮像装置で画素サイズが比較的小さい場合の集光の様子を示す図である。

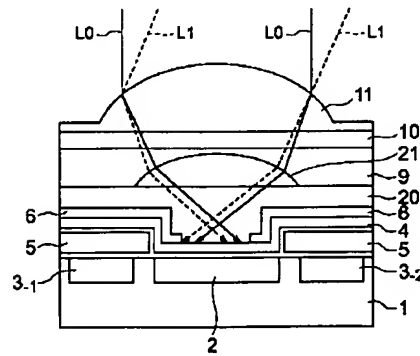
【符号の説明】

1…基板(シリコン基板またはpウエル)、2…受光部、3-1、3-2…垂直転送部、4 a…絶縁膜、4 b、4 c…第1層間絶縁膜、5…転送電極、6 a…開口部、6…遮光膜、7…第2層間絶縁膜、7 a…窪み、8、8-1、8-2、8-3…凸状レンズ、8 a…光透過膜、8 b…凹部、9…平坦化膜(第3層間絶縁膜)、10…O C F(オンチップカラーフィルタ)、11…O C L(オンチップレンズ)、R、R 1、R 2、R 3…レジスト、R P、R P 1、R P 2、R P 3…レジストパターン。

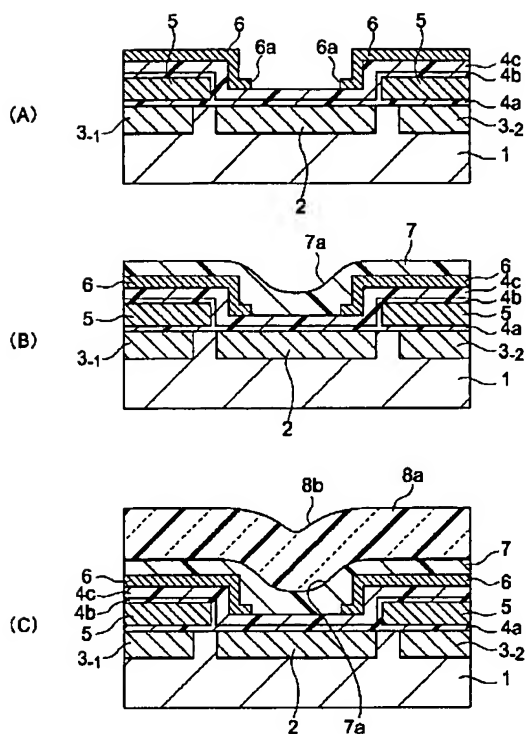
【図10】



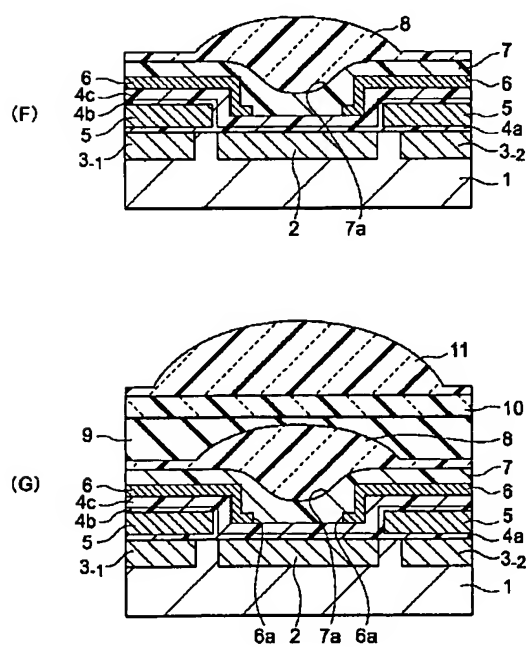
【図11】



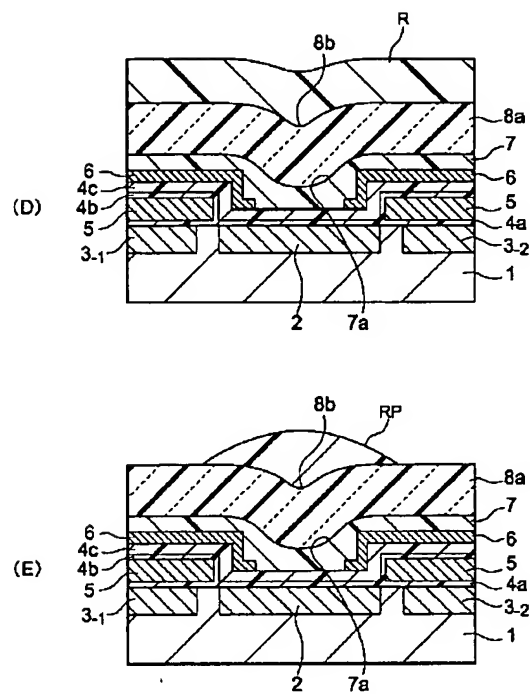
【図1】



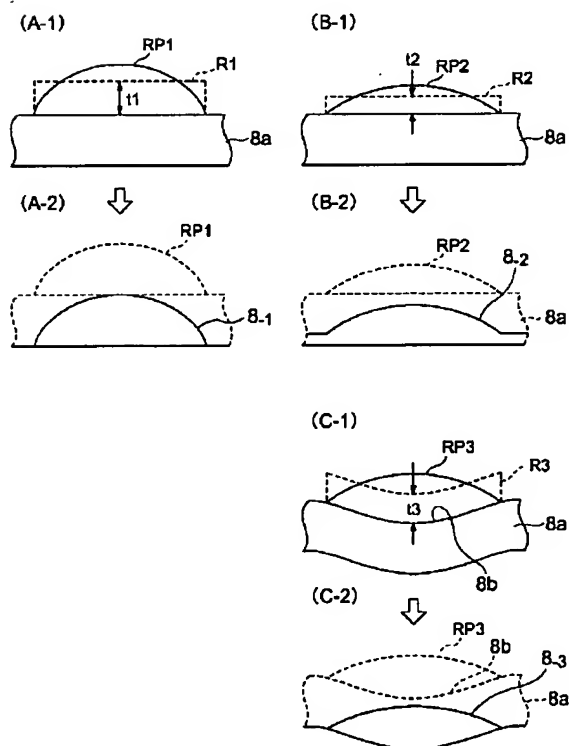
【図3】



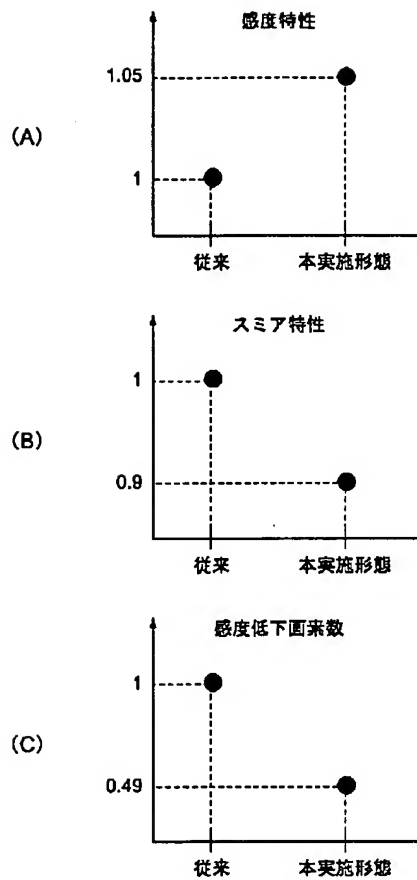
【図2】



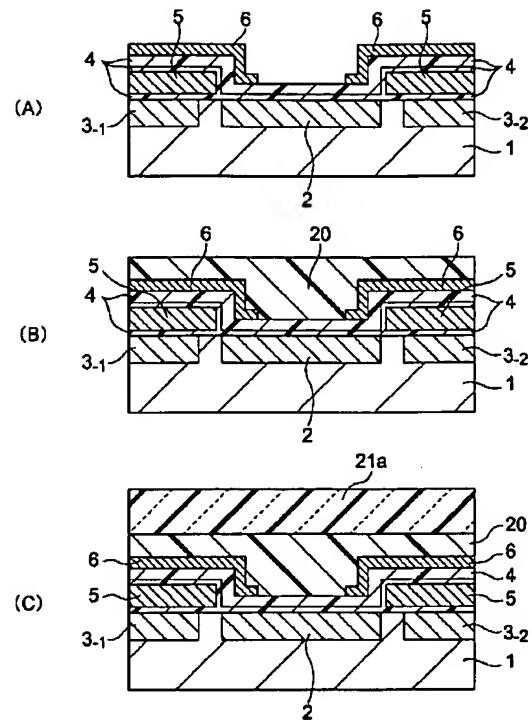
【図4】



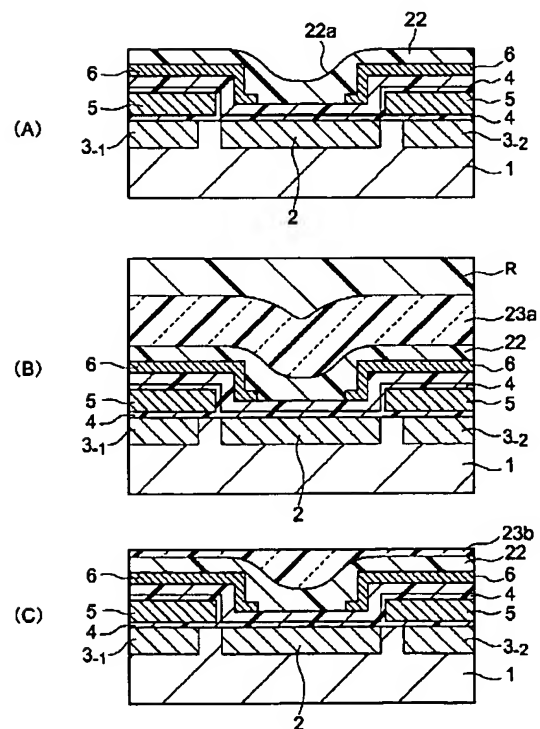
【図5】



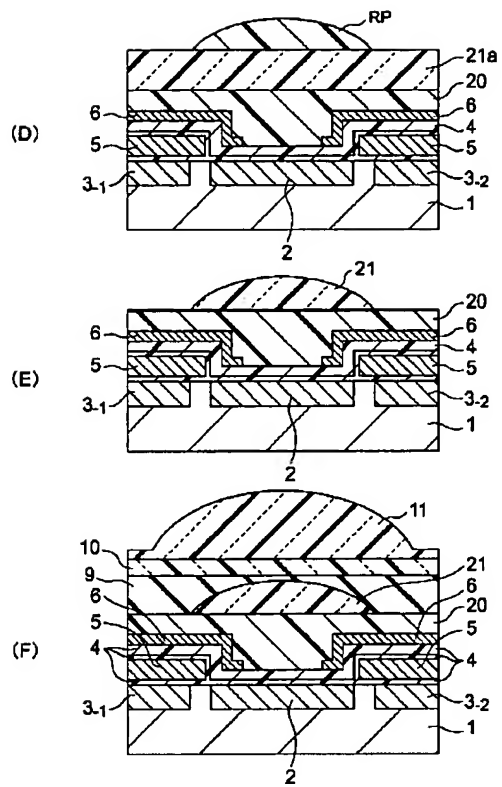
【図6】



【図8】



【図7】



【図9】

